МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Розроблення конструкції крана гідравлічного поворотного»**

Виконав: студент IV курсу групи Маш-42сп
Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Володимир ВАЛЬОРНИЙ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Ігор СТУКАЛЕЦЬ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедри _____
(підпис)
д.т.н., професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
“____” _____2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Вальорному Володимиру Романовичу

1. Тема роботи: «**Розроблення конструкції крана гідравлічного поворотного**»

Керівник роботи: *Стукалець Ігор Геннадійович*, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 14.06.2024 року

3. Вихідні дані: *вантажність крана – 500 кг, наявність у крана телескопічної стріли, довідкова література, СКД, ДСТУ, ISO.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити:
1. Аналіз конструкцій підйомно-транспортного обладнання.
2. Конструкторська частина.
3. Аналіз міцності крана гідравлічного поворотного.
4. Охорона праці і довкілля.
5. Економічна частина.
Висновки і пропозиції.
Бібліографічний список.

5. Перелік графічної частини
1. Аналіз конструкцій підйомно-транспортного обладнання – 1-ий аркуш.
2. Кран підкатний гідравлічний (вид загальний візуалізований) – 2-ий аркуш.
3. Кресленик крана підкатного гідравлічного (вид загальний) – 3-ій аркуш.
4. Складальні та робочі кресленики елементів конструкції крана – 4-ий аркуш.
5. Результати міцнісного аналізу конструкції крана – 5-ий аркуш.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУПП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Ігор СТУКАЛЕЦЬ, к. т. н., доц. кафедри машинобудування			
4	Іван ГОРОДЕЦЬКИЙ, к. т. н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 28.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико-нання
1.	Виконання розділу: «Аналіз конструкцій підйомно-транспортного обладнання»	*28.11.23-29.12.23*	
2.	Виконання розділу: «Конструкторська частина»	*15.01.24-29.03.24*	
3.	Виконання розділу: «Аналіз міцності крана гідравлічного поворотного»	*1.04.24-19.04.24*	
4.	Виконання розділу: «Охорона праці і довкілля»	*22.04.24-10.05.24*	
5	Виконання розділу: Економічна частина	*13.05.24-31.05.24*	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому	*3.06.24-14.06.24*	

Студент _____ Володимир ВАЛЬОРНИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор СТУКАЛЕЦЬ
(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

УДК 621.873.2/3

Розроблення конструкції крана гідравлічного поворотного.

Вальорний В. Р. Кваліфікаційна робота. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024 р.

Кваліфікаційна робота: 51 с. текст. част., 26 рис., 4 табл., 23 джерела, 5 арк. формату А1.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано конструкції підйомного обладнання, що використовується у складських приміщеннях, виробничих цехах, дільницях технічного обслуговування транспортних засобів.

Запропоновано конструкцію крана гідравлічного поворотного для використання в умовах станцій технічного обслуговування, виробничих цехів та дільниць. В конструкції передбачено можливість ступінчатого регулювання довжини телескопічної стріли за допомогою подовжувача, що дозволяє працювати з вантажами різних габаритів і маси до 500 кг. Конструкцію крана розроблено з урахуванням можливості встановлення його на платформу вантажного автомобіля, або пікапа. В роботі здійснено міцнісний аналіз конструкції в середовищі *SolidWorks Simulation*.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ 8

1.1. Загальна характеристика і класифікація вантажопідйомних машин 8

1.2. Засоби для піднімання та повороту вантажів 12

1.2.1. Домкрати 12

1.2.2. Талі 14

1.2.3. Лебідки 15

1.2.4. Підйомники 18

1.2.5. Крани-підйомники пересувні 19

1.2.6. Консольно-поворотні крани 20

1.2.7. Крани-маніпулятори 23

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 25

3. АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ КРАНА ГІДРАВЛІЧНОГО ПОВОРОТНОГО 31

3.1. Аналітичний розрахунок стріли крана гідравлічного 31

3.2. Аналіз міцності стріли крана в *SOLIDWORKS SIMULATION* 33

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ 38

4.1. Заходи з техніки безпеки під час виготовлення крана 38

4.2. Заходи з техніки безпеки під час роботи з краном 40

4.3. Обслуговування крана гідравлічного поворотного 42

4.4. Загальні поняття про негативні наслідки для довкілля під час виготовлення крана гідравлічного поворотного 42

4.5. Види зварювальних відходів 43

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

4.6. Утилізація зварювального шлаку 44
4.7. Утилізація зварювальних електродів 45

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 46
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ 48
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 50

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

ВСТУП

Підйомно-транспортні машини – машини (пристрої), призначені для переміщення вантажів та людей у вертикальній, горизонтальній та похилої площини на відносно невеликі відстані.

Підйомно-транспортні машини є основним засобом механізації підйомно-транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт у промисловості, будівництві, транспорті, у гірничій справі та у сільському господарстві.

Вантажопідйомні машини плексної механізації та вантажно-розвантажувальних та високоефективний засіб автоматизації підйомно-транспорт складських робіт. Застосування таких машин зменшує об'єм використання важких ручних операцій та сприяє різкому підвищенню продуктивності праці. Працездатність, надійність та безпека експлуатації вантажопідіймальних кранів багато в чому залежать від якості виконання їх несучих металоконструкцій.

Розвиток підйомно-транспортного машинобудування є важливим завданням, вирішення якого можливе шляхом розробки комплексу заходів, спрямованих на підвищення ефективності проектування вантажопідйомних засобів. Для підвищення ефективності та рентабельності виробництва, транспорту, галузей будіндустрії необхідне повсюдне використання механізації, а, за можливості, комплексної автоматизації. Серед великої кількості різних засобів механізації особливе місце займають крани-підйомники.

З огляду на це кваліфікаційна робота присвячена розробленню конструкції крана гідравлічного поворотного.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1. Загальна характеристика і класифікація вантажопідйомних машин

У матеріально-технічному виробництві значна роль відводиться підйомно-транспортному машинобудуванню, перед яким стоїть завдання широкого впровадження у всіх галузях господарювання комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів при виконанні основних та допоміжних операцій, як основи підвищення ефективності виробництва.

Підйомно-транспортні машини – незамінний елемент будь-якої сфери економіки. Вони суттєво збільшують продуктивність роботи та якість її виконання, заощаджуючи при цьому людські ресурси. Технологічний процес більшості виробничих підприємств пов'язаний із необхідністю механізувати операції з вертикального і горизонтального транспортування вантажів із великим діапазоном ваги.

Сучасні потокові технологічні та автоматизовані лінії, міжцеховий та внутрішньоцеховий транспорт, вантажно-розвантажувальні операції органічно пов'язані із застосуванням різноманітних вантажопідйомних машин та механізмів, маніпуляторів та робототехнічних комплексів, що забезпечують безперервність та ритмічність виробничих процесів.

Існує багато типів вантажопідйомних машин (ВПМ), конструкції яких залежать від виду вантажу, умов застосування та ступеня складності. До їх складу входять кілька робочих механізмів: підйому вантажу, пересування та поворот крана, зміни вильоту гака. Обов'язковим механізмом ВПМ є механізм підйому вантажу [11].

Основні класи ВПМ:

1. Підйомні механізми:

- домкрати;
- талі;

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЯОРНИЙ ВОЛОДИМИР

- лебідки.

2. Крани:

- кран на тракторі;
- автомобільні крани;
- баштові крани;
- козлові;
- мостові крани;
- мостові крани – штабелери;
- промислові шарнірно-балансирні крани – маніпулятори;

3 Підйомники для безперервної транспортування людей та вантажів.

4 Маніпулятори та роботи автономні або керовані еханізми.

Крім того ВПМ в залежності від конфігурації обслуговуваної площі можна поділити на такі групи:

- Підйомні механізми, підйомники – певна точка робочої площі.
- Візки, талі – робоча площа у вигляді прямолінійної або криволінійної смуги.
- Стаціонарні поворотні крани – робоча площа у вигляді вузького кільця.
- Стрілові крани, маніпулятори – робоча площа у вигляді широкого кільця чи сектора.
- Крани мостового типу, кабельні, крани – штабелери, маніпулятори - Робоча площа у вигляді прямокутника.
- Навантажувачі, маніпулятори, самохідні крани – робоча площа довільної конфігурації.

Найбільш характерні вантажопідйомні механізми та машини такі:

- Домкрати гвинтові, важільно-рейкові, зубчасто-рейкові, гідравлічні застосовуються при ремонтних та монтажних роботах. Вантажопідйомність – 2…20 тонн, висота підйому .0,8…1,0м, ККД – 0,3-0,4.
- Поліспасти набір блоків, що застосовуються для монтажних робіт у поєднанні з лебідками, а також у всіх підйомних кранах.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА "ЛЬВІВСЬКИЙ НУП"
ВАЛЬЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР
МАШИНОБУДУВАННЯ

- Ручні лебідки застосовуються як допоміжний обладнання при ремонті кранів, для переміщення вантажів у горизонтальній площині. Найбільше тягове зусилля в канаті однобарабанних ручних лебідок 80 кН при канатоємності барабана не менше ніж 75 м.
- Стаціонарні настінні та консольні пересувні мостові крани для обслуговування поблизу підкранових шляхів або у поєднанні з лебідками як допоміжне обладнання під час виконання монтажних робіт.
- Пересувні електроталі для ремонтно-монтажних та вантажно-розвантажувальних робіт. Вантажопідйомність 0,25…16 тонн, швидкість підйому 0,063...0,25 м/с.
- Стаціонарні стрілові поворотні крани – у цехах машинобудівних підприємств для виконання різних допоміжних підйомно-транспортних робіт. Вантажопідйомність – не більше 0,125…3,2 тонн.
- Консольні пересувні мостові крани – для обслуговування виробничого обладнання, розташованого поблизу підкранових шляхів. Вантажопідйомність - 2-10 тонн, виліт 4-10 м.
- Пересувні електроталі – при ремонтно – монтажних та вантажно-розвантажувальних роботах. Вантажопідйомність – 0,25…16 тонн, швидкість підйому – 0,063…0,25 м/с.
- Стаціонарні – талі (ручні та електро).
- Крани на тракторі – для виконання вантажно-розвантажувальних робіт, при монтажі будівельних конструкцій та технологічного обладнання, а також на спеціальних роботах в умовах бездоріжжя (укладання труб у траншеї, встановлення опор ліній зв'язку тощо).
- Автомобільні крани застосовуються на масових вантажно-розвантажувальних роботах з штучними вантажами при монтажі конструкцій та технологічне обладнання.
- Вантажопідйомність таких кранів загального призначення – 16 тонн.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

- Автомобільні крани КС-6471 з гідравлічним приводом механізмів на спеціальному автомобільному шасі, вантажопідйомність – 40 тонн.
- Баштові крани застосовуються в промисловому та цивільному будівництві. Вантажопідйомність: за найбільшого вильоту стріли до 16 тонн; при найменшому – 50 тонн.
- Козлові крани (рис.2, м) застосовуються на будівельних та монтажних роботах. Вантажопідйомність кранів загального призначення з візками та двостійковими опорами – до 32 тонн; монтажних безконсольних – до 65 тонн. При будівництві гідро- та атомних електростанцій 200 тонн і більше; монтажні крани під час будівництва суден – 800 тонн).
- Мостові крани з верхнім візком загального призначення. Вантажопідйомність – 5…300 тонн. Під час будівництва електростанцій – 500 тонн).
- Мостові крани – штабелери застосовуються на складах з багатоярусним зберіганням вантажів, де вони працюють в автоматичному режимі. Вантажопідйомність – 0,5 ... 12,5 тонн.
- Промислові шарнірно-балансирні крани-маніпулятори застосовуються в механозбірному, ливарному, ковальському виробництві при виконанні технологічних операцій та вантажно-розвантажувальних робіт. Маніпулятор має ручне кнопкове керування. Вантажопідйомність – 3 тонни.

Для виконання різних технологічних операцій, механізації складських робіт застосовують спеціальні мостові крани. Мостовий кран з візком, що обертається (рис. 3, а) і керованими кліщами вантажопідйомністю 50 тонн призначений для транспортування та складування довгомірних вантажів – прокату, в тому числі і за високої температурі (до 9000С).

Сталеплавильні цехи для розливання сталі з ковшів обладнані ливарними кранами великої вантажопідйомності (450 та 630 тонн) з двома візками.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬВОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Широке застосування отримують крани з жорстким підвісом та керованим захоплювачем, що орієнтується, – крани-маніпулятори. Вони мають ту особливість, що наведення, захоплення та зняття вантажу здійснюється автоматично без участі робітників. На базі цих кранів можлива подальша їхня автоматизація.

Класифікацію підйомників представлено на рис. 1.1.

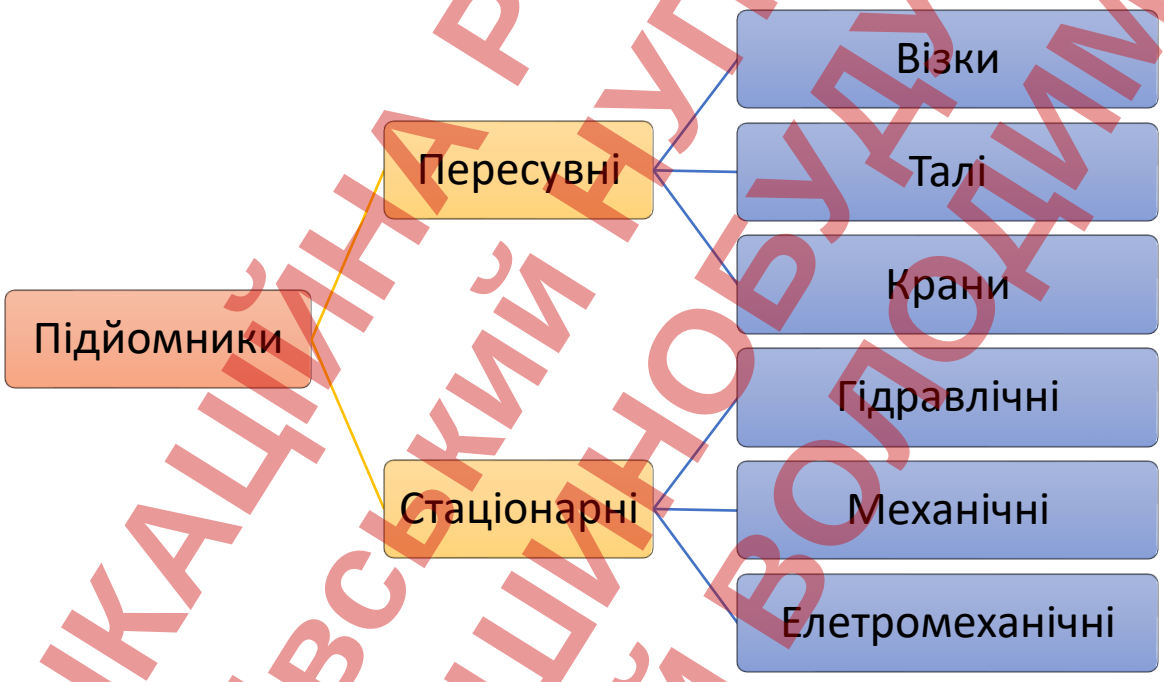

Рис. 1.1. Класифікація підйомників

1.2. Засоби для піднімання та повороту вантажів

Для вертикального переміщення вантажів під час їх підйому та опускання призначені домкрати, стаціонарні талі, лебідки, підйомники, підйомні столи та ліфти.

1.2.1. Домкрати

Домкрати з ручним або механічним приводом (гвинтовим, важільно-рейковим, зубчасто-рейковим або гідравлічним) застосовують для підйому вантажів на висоту до 1 м. Найбільш поширені гвинтові та гідравлічні домкрати. Вантажопідйомність гвинтових домкратів із самогальмуючою

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

наріззю становить 2 – 20 т, а ККД – 0,3 – 0,4. Гідравлічні домкрати мають малі розміри та масу, їх ККД дорівнює 0,75 – 0,80, а вантажопідйомність становить до 200 т. Вони забезпечують плавне піднімання вантажу та його опускання з невеликою швидкістю.

Гідравлічний домкрат (рис. 1.2) складається з циліндра з поршнем, ручного плунжерного насоса, вбудованого в корпус домкрата та масляного бачка. Верхня частина поршня має самовстановлювальну опорну п'яту зі сферичною опорною поверхнею. Плунжерний насос наводиться вручну рукояткою, при коливанні якої олія через нагнітальний клапан надходить у порожнину циліндра під поршнем.

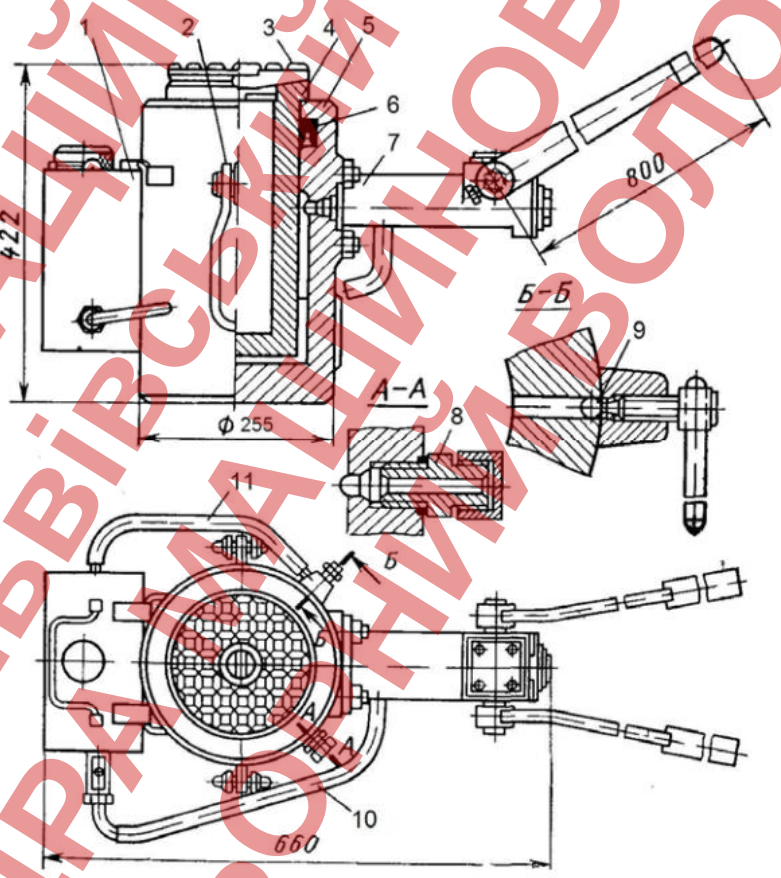

Рис. 1.2. Гідравлічний домкрат вантажністю 100 т:
1 – бачок; 2 – ручка; 3 – п’ята; 4 – поршень; 5 – циліндр; 6 – манжета; 7 – насос; 8 – штуцер манометра; 9 – кульковий клапан; 10 та 11 – трубопроводи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУПТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОВНИЙ ВОЛОДИМИР

1.2.2. Талі

Талі підвісні застосовують для підйому вантажів на висоту до 18 м.

За типом приводу розрізняють ручні талі (з зубчастими циліндричними або черв'ячними передачами) та механічні з електричними або пневматичними приводами. Усі талі мають гальма, що перешкоджають мимовільному спуску піднятого вантажу. Вантажопідйомність талей: ручних – 0,25 – 1 т, електричних – 0,25 – 15 т. Швидкість підйому вантажу електричними талями 5 – 25 м/хв.

Ручні талі дозволяють піднімати вантажі на висоту до 3 – 4 м. Таль з черв'ячним приводом (рис. 1.3, *а*) складається з приводного колеса 6 і черв'ячної пари: черв'яка та черв'ячного колеса. Колесо 6 закріплено на носі черв'яка. На валу черв'ячного колеса 4 встановлена зірочка 3 для приводу вантажного ланцюга 1. За допомогою приводного ланцюга 7 приводиться у обертання колесо 6 та через черв'ячну пару отримує рух зірочка 3, несуча робочий гак 8.

Зусилля, яке необхідно прикласти робітнику до приводного ланцюга, становить 40 – 70 Н. Для підвішування талі до несучої балки, використовують гак 5, закріплений на корпусі талі. Ручні талі піднімають вантаж тільки в тому місці, де вони закріплені. Для збільшення площі обслуговування таль підвішують на вантажному візку, який переміщають монорейковою дорогою, виконаною з двотаврових балок, підвішених до перекриттів виробничих приміщень. Для горизонтального переміщення ручної талі може бути використана ланцюгова передача (ланцюг – зірочка), що приводить в рух ходові колеса візка.

Електрична таль (рис. 1.3, *б*) – більш досконалий вантажопідйомний пристрій. В якості підйомного механізму є електропривод 13, який обертає канатний барабан 12. Вантажний гак 8 підвішений на канаті. Для переміщення талі по монорейці 15 використовують окремий привід 10, що приводить у рух ходові колеса візка 14. Управляють підйомом вантажу і переміщенням талі по монорейці з пульта 11, який підвішений на гнучкому кабелі. Живлення до

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

електродвигунів талі підводиться через тролеї та струмоприймачі 9, розташовані збоку монорейки або над ним.

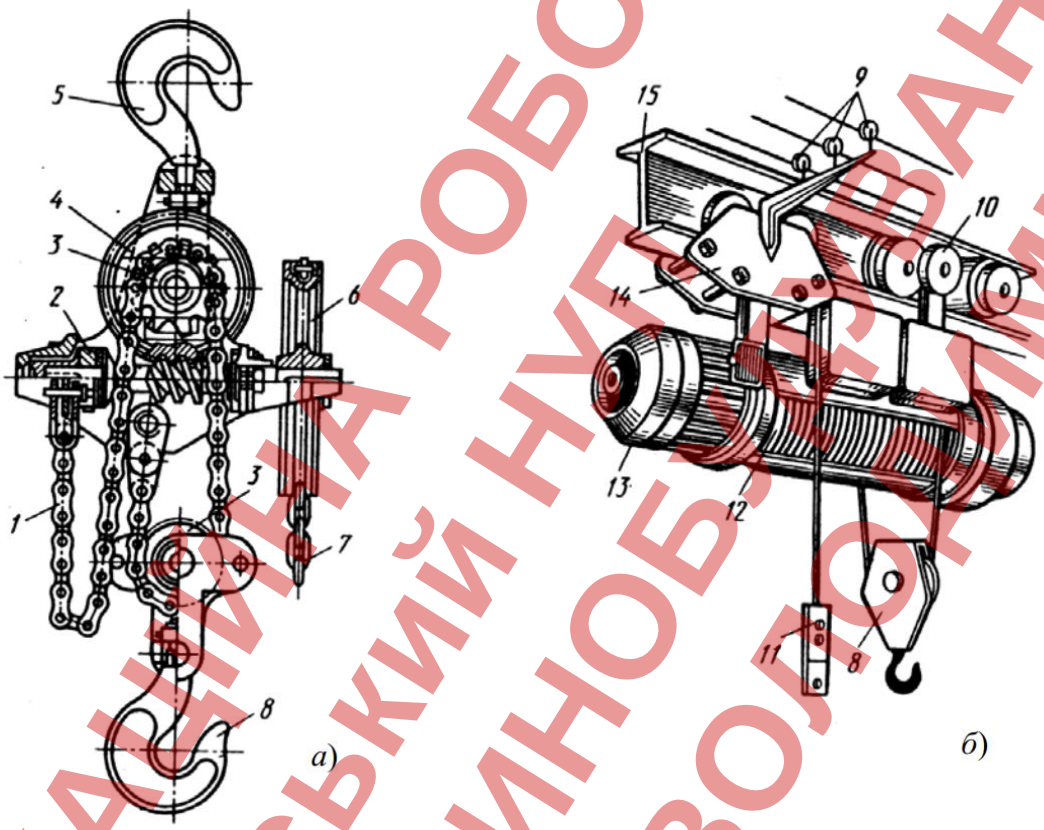

Рис. 1.3. Талі: *а* – ручна; *б* – електрична;
1 – ланцюг вантажний; 2 – гальмівний пристрій; 3 – зірочка; 4 – черв'ячне колесо; 5 – гак для підвішування талі; 6 – приводне колесо; 7 – ланцюг приводу талі; 8 – гак для підвішування вантажу; 9 – струмоприймачі; 10 – механізм приводу кранових котків; 11 – панель кнопкового керування електродвигунами; 12 – канатний барабан; 13 – електродвигун підйому та опускання вантажу; 14 – ходовий візок; 15 – монорейка

1.2.3. Лебідки

Лебідки призначені для підйому та опускання вантажів, переміщення вантажів по похилій та горизонтальній площині, для буксирування ремонтованих машин на розбірний конвеєр, для переміщення вантажних візків рейками, підтягування технологічного обладнання на місце монтажу та ін. Їх поділяють:

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУБіП
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

- за призначенням на підйомні, тягові та поворотні;
- за способом встановлення на пересувні та стаціонарні (на підлозі, стіні або стелі);
- за типом тягового органу на канатні та ланцюгові;
- за типом барабана на нарізні та гладкі.
- за кількістю встановлених барабанів на одно-, дво- та трибарабанні.
- на вигляд використовуваної енергії на ручні (тягове зусилля до
- 80 кН) та механічні (тягове зусилля до 750 кН).

У характеристиці лебідки вказують:

– тягове зусилля (кН);
– діаметр барабана (мм);
– швидкість навивки каната на барабан (мм/год).

Основні вузли лебідки з ручним шестеренним приводом (рис. 1.4, *а*): станина, що складається з двох металевих щік 3, сполучених стяжними болтами 4. Усередині станини в підшипниках встановлений вал, який обертають рукояткою 6. Від нього через храповий механізм 1 і відкриті зубчасті передачі рух передається барабану 2, на якому закріплений тяговий канат або тяговий ланцюг. Храпове колесо 1 із собачкою запобігає довільному обертанню барабана і опусканню вантажу, що піднімається, тобто грає роль гальма. Довжина каната лебідки з ручним приводом сягає 300 м.

Ручна важільна лебідка (рис. 1.4, *б*) використовується на роботах, пов'язаних з монтажем або демонтажем обладнання в цехах, де відсутні крани необхідної вантажопідйомності. До основних вузлів лебідки відносяться: тяговий механізм, встановлений у корпусі 11, і котушка 7. Гаком 9 лебідку кріплять до вантажу, що переміщається, а гаком 13 – до опори. Канат 8 рухається за допомогою рукоятки 12. Повернення каната виробляє ручку 10.

Лебідка з електроприводом, наведена на рис. 1.5, розвиває тягове зусилля до 125 кН при довжині каната до 100 м. Вона включає електродвигун 2 з колодковим гальмом 1, редуктор 3 з електродинамічним гальмом 4 та

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
ВАЛЬЯОРНИЙ ВОЛОДИМИР

барабан 5. Лебідку монтують на металевій рамі. При установці у будівлі лебідку слід закріпити канатом за колону будівлі.

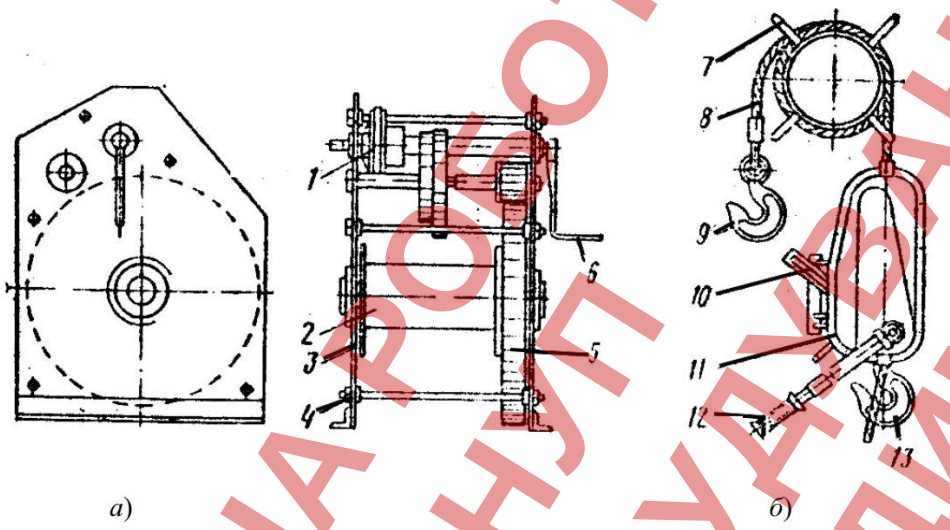

Рис. 1.4. Лебідки з ручним приводом: *а* – шестеренна; *б* – важільна.

1 – храпове колесо з собачкою; 2 – барабан; 3 – щока; 4 – стяжний болт; 5 – велике зубчасте колесо канатного барабана; 6 – рукоятка; 7 – котушка; 8 – канат; 9 та 13 – гаки; 10 – рукоятка зворотного ходу: 11 – корпус; 12 – рукоятка переднього ходу

На землі лебідку кріплять за якір, причому зусилля кріплення має бути розраховано та забезпечено [11].

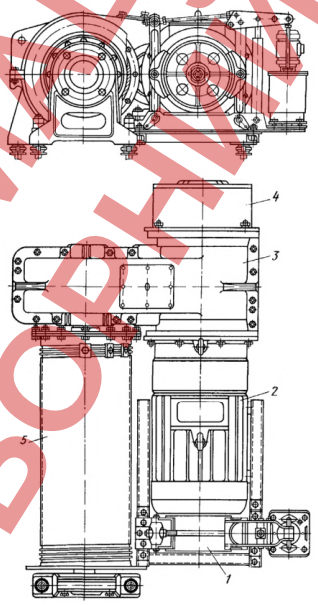

Рис. 1.5. Лебідка барабанна з електроприводом:

1 – колодкове гальмо; 2 – електродвигун; 3 – редуктор; 4 – електроіндукційне гальмо; 5 – барабан

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
Львівський НУПТ
Вальовний Володимир

1.2.4. Підйомники

Підйомники призначені для встановлення виробів на технологічне обладнання, кінцеві та перевантажувальні станції конвеєрів та зняття їх, переміщення вантажів до осередків стелажів. Найпростіший пневматичний підйомник (рис. 1.6) підвішений на гаку і має вантажопідйомність 0,05 – 1 т при висоті підйому h ≤ 800 мм.

Ланцюговий підйомник (рис. 1.7, *а*) піднімає заготовки типу кілець на висоту до 4,5 м. Заготовки надходять у приймальний лоток та пропускаються відсікачем. Захоплення, встановлені на ланцюгу, піднімають заготовки, які з лотка видачі скочуються гравітаційний лоток. Що штовхає підйомник (рис. 1.7, *б*) застосовують для підйому заготовок на висоту до 1 м. Заготовки надходять із приймального лотка і проштовхуються в шахту штовхачем, який здійснює зворотно-поступальний рух.

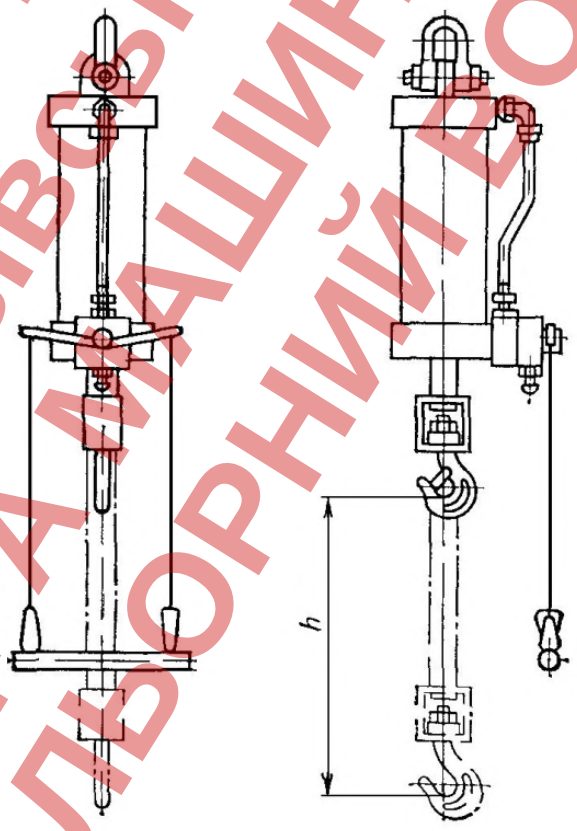

Рис. 1.6. Стаціонарний пневматичний підйомник

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬБОРНИЙ ВОЛОДИМИР

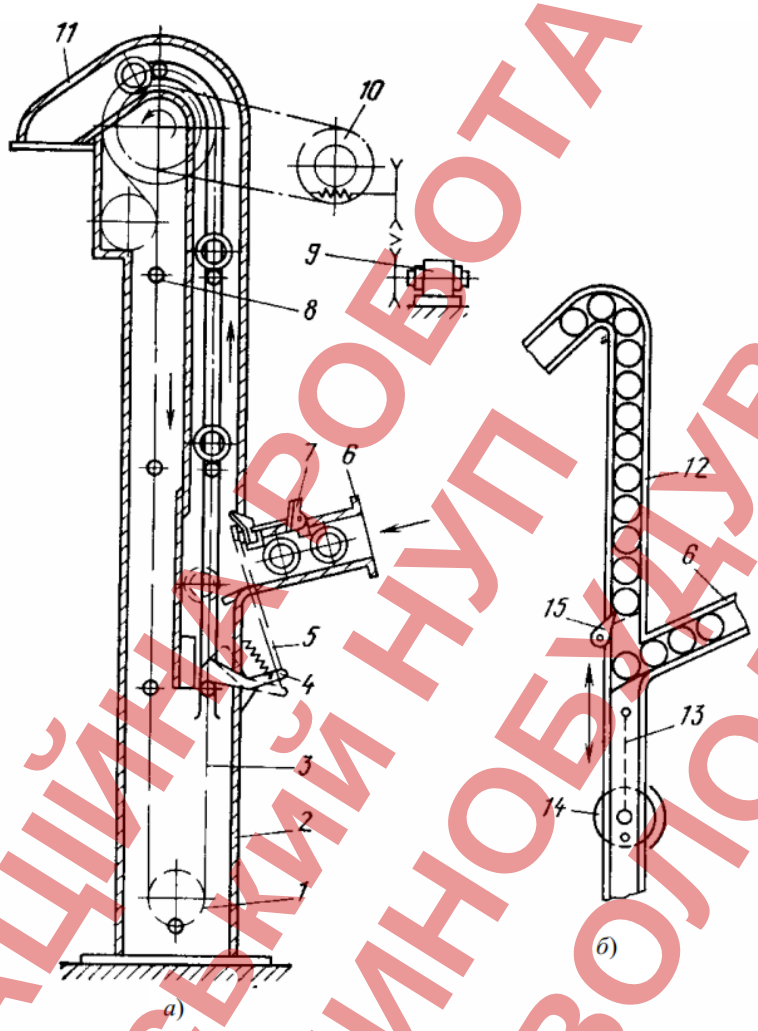

Рис. 1.7. Підйомники: *а* – ланцюговий; *б* – штовхаючий;
1 – натяжна зірочка; 2 – корпус; 3 – ланцюг; 4 – синхронізатор; 5 – тяга;
6 – приймальний лоток; 7 – відсікач; 8 – захоплення; 9 – електродвигун;
10 – привід; 11 – лоток видачі; 12 – шахта; 13 – штовхач;
14 – кривошипно-повзунковий механізм; 15 – собачка

1.2.5. Крани-підйомники пересувні

При монтажі або демонтажі агрегатів чи вузлів трансопртних засобів з наступним переміщенням їх на склад, а також на майданчики складування або допоміжні ремонтні дільниці використовують підкатні крани з гідравлічним приводом (рис. 1.8). Крани різних виробників мають подібну конструкцію.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Рис. 1.8. Кран підкатний з гідравлічним приводом

Такий кран складається з рухомої основи, стійки, механізму підйому стріли та стріли. Стійка зі стрілою встановлена на опору, яка може рухатися. Її лапи складаються. Стріла має гідравлічний привод, який приводиться в дію вручну.

Гідравлічна схема крана базується на принципі схеми гідравлічного домкрата. Стріла регулюється за вильотом та висотою підйому.

1.2.6. Консольно-поворотні крани

Консольно-поворотні крани найчастіше використовують у цехах машинобудівних заводів (рис. 1.9). Залежно від конструкції кранів та розташування обслуговуваної зони вони поділяються на підлогові, настінні, підвісні та рухомі. Підлоговий кран повертається на кут 270 - 300° про навколо нерухомої колони, закріпленої на фундаменті (рис. 1.9, *а*).

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

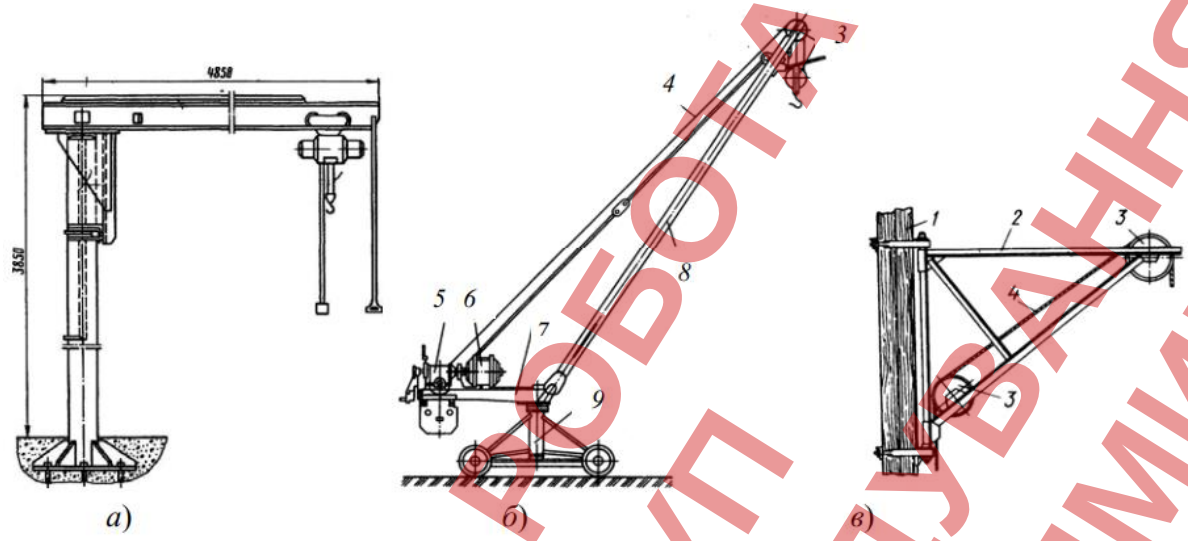

Рис. 1.9. Консольно-поворотні крани:
а – підлоговий; *б* – повноповоротний пересувний; в – настінний:
1 – будівельна конструкція; 2 – несуча ферма; 3 – блоки; 4 – канат;
5 – черв'ячний редуктор; 6 – електродвигун;
7 – платформа; 8 – стріла; 9 – візок

Колона крана несе поворотну консольну балку, якою переміщається вантажна таль. Поворот консольної балки може бути механізований. Настінний кран повертається на кут ~150°відносно колони, яка закріплена на стіні або колоні будівлі (кранукосину) (рис. 1.9, *в*). Колона підвісного крана закріплена на стелі або на мосту мостового крана. Рухомий повноповоротний кран змонтований на рухомому візку (рис. 1.9, *б*). Цей кран має виліт стріли до 4 м, а вантажопідйомність до 1 т. Поворотні пристрої більшості кранів виконують із ручним приводом.

Консольно-поворотні крани обслуговують невелику кругову площу. Вони ефективні під час обслуговування робочих місць, розташованих у конвеєрів, коли виріб переміщається між конвеєром та іншим обладнанням. У кранів вантажопідйомністю 0,25–0,50т виліт стріли становить 3–6м, вантажопідйомністю 1–2т – 3,0 – 4,5м та вантажопідйомністю 3–5т – 3,0–3,5м. Залежно від виду приводу крани поділяються на електромеханічні та пневматичні.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Базові елементи консольного крана або як його ще називають крана-укосини – це колона, стріла та вантажопідйомний механізм. Їхня конструкція залежить від конфігурації конкретної моделі підйомно-транспортного обладнання. Колона є опорою для стріли консольного крана. Залежно від конфігурації кранового обладнання вона встановлюється на спеціальний фундамент або існуючу підлогу за допомогою хімічних анкерів. Стріла або консоль є закріпленою на колоні горизонтальною балкою. Вона може бути поворотною та безповоротною, складатися з одного або двох плечей. Як вантажопідйомні механізми консольного крана використовуються ручні талі або електричні тельфери, що пересуваються по консолі за допомогою ручної або електричної каретки. Найчастіше консольні крани використовуються для обслуговування виробничих приміщень, складів, складальних та ремонтних майданчиків. Це бюджетне і водночас ефективне обладнання на вирішення широкого кола виробничих задач.

Пристрій консольного крана залежить від призначення. На спектр розв'язуваних завдань впливає тип опори, конструктивні особливості стріли та вид приводу.

Рис. 1.10. Кран консольний поворотний.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА "МАШИНОБУДУВАННЯ"
Львівський НУП
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Існує три основні типи консольних кранів:

- Стаціонарні (на колоні). Окрема колона, жорстко закріплена в окремому фундаменті крана або на анкерах. На ній знаходиться поворотна консоль з кутом охоплення до 360°.
- Настінні. Опора, закріплена на колоні, що несе, або стіні будівлі за допомогою кронштейнів. У цьому максимальний кут повороту консолі становить до 180°.
- Пересувні. Опора являє собою встановлену на противагу колону. До місця роботи пересувний консольний кран переміщують за допомогою вбудованого шасі або рохлі.

Більшість консольних кранів мають лише одну поворотну стрілу. Але в деяких випадках для розширення функціональних можливостей вантажопідйомного обладнання подібного типу використовуються консолі наступних модифікацій:

- Двоплечові. Консоль кріпиться на колоні і являє собою два шарнірно з'єднані плечі. Така конструкція дозволяє збільшити робочу зону обладнання та виконувати специфічні операції – переміщати вантаж у важкодоступних місцях в обхід перешкод. У цьому зовнішнє плече може мати кут повороту до 300°, а внутрішнє – трохи більше 180°.
- Безповоротні. Стріла немає механізму повороту, а пересувається по подкрановому шляху. Консолями такої конструкції зазвичай комплектуються пересувні настінні крани.
- Двоконсольні. На одній колоні незалежно одна від одної кріпляться дві стріли, кожна з кутом повороту 180°. Крани такої конструкції дозволяють обслуговувати одразу дві робочі зони.

1.2.7. Крани-маніпулятори

Пікап-кран (рис. 1.11), також відомий як кран-маніпулятор або автокран, є типом краном, який встановлюється на шасі вантажівки або пікапа. Він

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

спроектований так, щоб його легко транспортувати і він був гнучким в експлуатації.

Рис. 1.11. Кран-маніпулятор (пікап-кран)

Пікап-крани зазвичай використовуються в будівництві, технічному обслуговуванні та інших галузях, де потрібен підйом та переміщення важких вантажів. Кран-пікап складається із стріли або важеля, прикріпленого до шасі вантажівки. Стріла може бути гідравлічною або телескопічною, що дозволяє їй висуватися і втягуватися за необхідності. На кінці стріли зазвичай є гак, підйомний пристрій або грейферний ківш, залежно від конкретного застосування [11].

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Львівський НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

В роботі пропонується конструкція крана гідравлічного поворотного вантажопідйомністю до 500 кг (рис. 2.1). Кран має універсальне призначення, простий та надійний в експлуатації.

Сферою використання крана можуть бути склади, виробничі цехи, дільниці ремонту та обслуговування автомобільної техніки. Кран гідравлічний поворотний може виконувати операції крана-маніпулятора, встановленого на платформі вантажного автомобіля чи пікапа.

Рис. 2.1. Кран гідравлічний поворотний

Кран має стрілу крана з телескопічним висувним механізмом, що дозволяє працювати краном на відстані.

Завдяки простій конструкції та механізму, де є мінімальна кількість деталей, які швидко виходять з ладу, кран простий у використанні та є економічно вигідним.

Кран можна складати до компактного розміру, що дозволяє швидко привести його в робоче положення і назад та спрощує транспортування. Стріла крана може повертатися на 360°, а також має поворотний на 360° гак.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Основним матеріалом для виготовлення є профільна труба різного типорозміру. Масу крана визначено засобами системи автоматизованого проєктування *SolidWorks*, і вона становить 42 кг (рис. 2.2) [11, 13, 17].

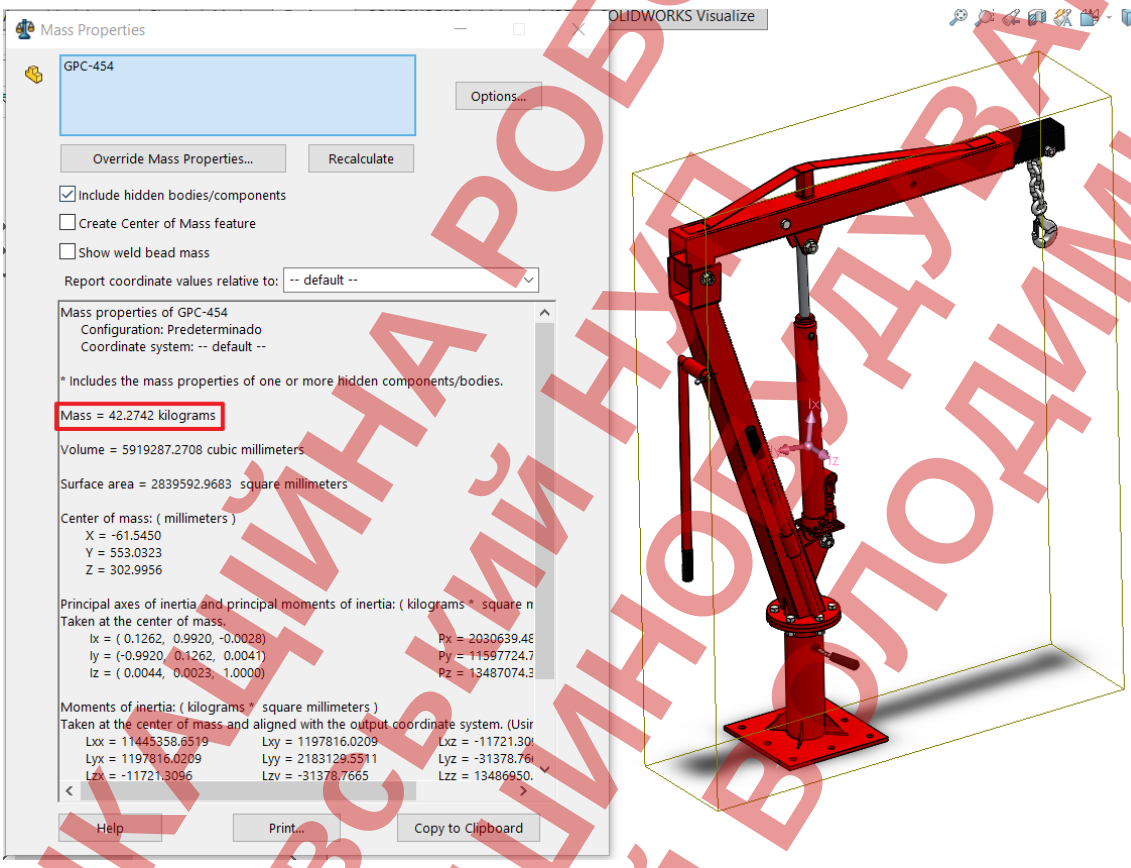

Рис. 2.2. Визначення маси крана

Кран гідравлічний поворотний складається з таких основних частин (2.3): основи, стійки, телескопічної стріли, гідроциліндра, гакової підвіски, важеля повороту крана.

Основа крана складається з двох частин. Одна частина являє собою металеву плиту, до якої приварена вертикальна труба. Друга частина – труба меншого діаметра з привареним у верхній частині фланцем. Обертання стріли крана на 360° здійснюється за рахунок роликового опорного підшипника, який монтується у нижній частині основи (рис. 2.4). Фіксують кран від обертання за допомогою ручки-фіксатора, яка загвинчується у нарізеву частину труби

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУХТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЯВОРНИЙ ВОЛОДИМИР

основи. Плиту основа встановлюють на опорну поверхню та закріплюють вісьмома болтами.

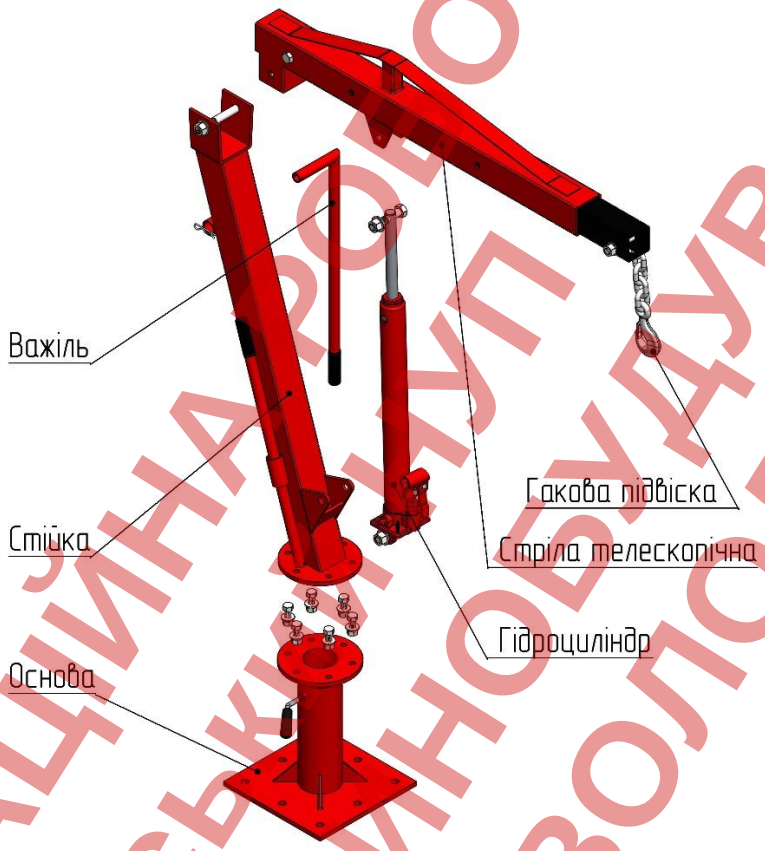

Рис. 2.3. Будова крана гідравлічного поворотного

Рис. 2.4. Основа крана

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ ІНТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРИЙ ВОЛОДИМИР

Стріла крана – телескопічна (рис. 2.5), що дає змогу регулювати відстань від крана до вантажу.

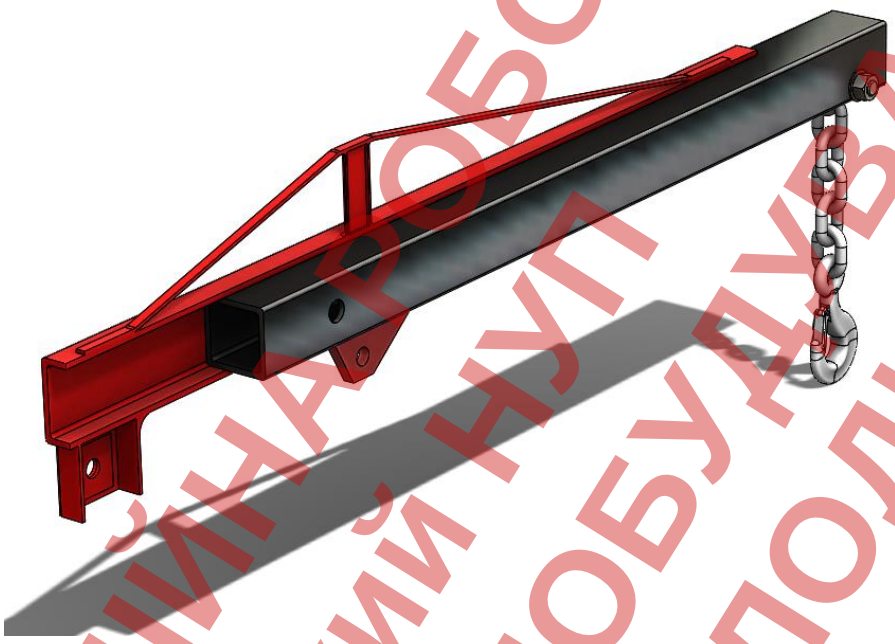

Рис. 2.5. Стріла телескопічна крана гідравлічного поворотного

Стійка крана з опорою з'єднані фланцями за допомогою болтового з'єднання.

Піднімання вантажу реалізується за допомогою масляного насоса ручної дії, що встановлений на стійці крана. Плавне опускання вантажу виконують шляхом викручування голки зливного вентиля. Робочий циліндр механізму підйому з'єднаний із стійкою крана, а шток – з консольною стрілою. Консольна стріла, шарнірно з'єднана з вертикальною стійкою гідравлічного крана.

Основною стрілою з мінімальним вильотом виконується піднімання вантажів масою до 500 кг. При підніманні вантажів масою до 200 кг виліт стріли може бути збільшений. Виліт стріли виконують подовжувачем, який може займати два положення.

Кран гідравлічний поворотний є стаціонарним пристроєм, який працює за принципом сполучених судин. Він приводиться в дію гідроциліндром. За рахунок руху важеля у гідроциліндрі створюється тиск, внаслідок чого

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬБОРНИЙ ВОЛОДИМИР

відбувається підняття штока, який кінематично з'єднаний з силовою конструкцією гідравлічного поворотного крана. Кран оснащено телескопічною висувною стрілою, на кінці якої змонтовано гакову підвіску на ланцюзі. Піднімання вантажу відбувається плавно з можливістю його фіксації на потрібній висоті до 2,2 метра. Це дозволяє використовувати кран на незначних висотах для завантаження вантажу, наприклад, на платформу чи кузов транспортного засобу, або використовувати кран як стаціонарний в умовах виробничих цехів чи ремонтних дільниць. Кут повороту 360° дозволяє не лише піднімати, але й переміщувати вантажі на незначні відстані. Положення стріли крана зображено на рис. 2.6.

Рис. 2.6. Положення стріли крана гідравлічного поворотного

Технічні характеристики крана гідравлічного поворотного наведено у табл. 2.1.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЯОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики крана гідравлічного поворотного

Параметр	Значення
Вантажність, кг	500
Довжина, мм	1400
Ширина, мм	290
Висота, мм	2540
Довжина стріли (положення 1), мм	1050
Довжина стріли (положення 2), мм	1400
Навантаження при положенні 1 стріли, кг	500
Навантаження при положенні 2 стріли, кг	250
Розміри (у складеному положенні), мм	915×1400×290
Максимальна висота піднімання, мм	2200
Маса, кг	42

Гідроциліндр крана гідравлічного поворотного є однією з його основних складових. Гідроциліндр – зворотно-поступального руху, який використовують для перетворення енергії гідравлічної оливи в механічну енергію. Висока якість, надійність і догляд забезпечують безперебійну його роботу та експлуатацію протягом довгого періоду. Хід поршня гідроциліндра – 500 мм; діаметр штока – 22 мм [11, 13, 15, 17, 19].

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧУРНИЙ ВОЛОДИМИР

3. АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ КРАНА ГІДРАВЛІЧНОГО ПОВОРОТНОГО

3.1. Аналітичний розрахунок стріли крана гідравлічного

Провівши проєктний міцнісний розрахунок конструкції під дією вантажа, визначимо профіль стріли крана.

З урахуванням того, що найбільш навантаженою частиною конструкції крана є стріла, розрахунок на міцність виконаємо на прикладі стріли. Розрахункова схема стріли крана являє собою балку (рис. 3.1). Матеріал – сталь 30, форма поперечного перерізу труби – квадрат відповідно до ГОСТ 8639-82 «Труби сталеві квадратні. Сортамент».

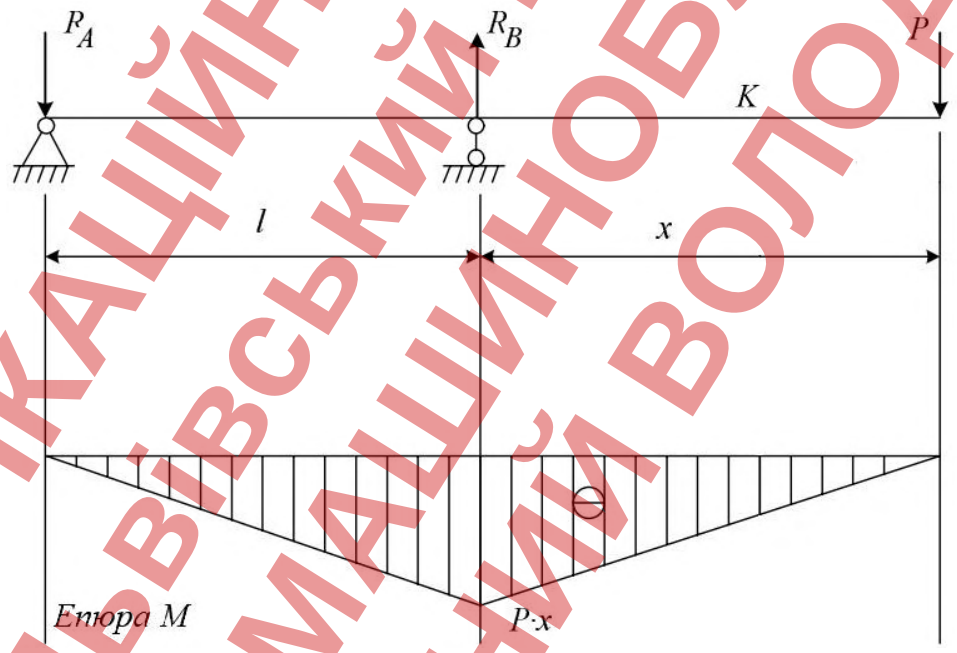

Рис. 3.1. Розрахункова схема стріли крана гідравлічного поворотного

Реакцію опор визначають за формулою:

$$\sum M_A = 0,\ R_B \cdot l - P \cdot (l + x) = 0,\ R_B = P\frac{l + x}{l} = P(1 + \frac{x}{l})$$

$$\sum M_B = 0,\ R_A \cdot l - P \cdot x = 0,\ R_A = P\frac{x}{l} \qquad (3.1)$$

Визначимо умову міцності на згин:

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
ВАЛЬЧУК ВОЛОДИМИР

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_x} \cdot s \le [\sigma], \quad (3.2)$$

де M_{max} – згинальний момент, Н·мм;

W_x – осьовий момент опору перерізу, мм^3;

[σ] – допустиме напруження матеріалу (для сталі 30 [σ] = 320 МПа);

s – коефіцієнт запасу міцності, приймемо $s = 2$.

Визначимо максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі стріли за формулою:

$$M_{max} = P \cdot x \quad (3.3)$$

Осьовий момент опору для труби тонкостінної квадратного перерізу визначають з виразу:

$$W_x = \frac{4}{3} B^2 \cdot S, \quad (3.4)$$

де B – сторона квадрата, мм;

S – товщина стінки труби, мм.

З урахуванням того, що товщина стінки труби дорівнює $0,1B$, запишемо:

$$W_x = \frac{4}{3} B^2 \cdot S = \frac{4}{3} B^2 \cdot 0,1B = 0,13B^3 \quad (3.5)$$

Тоді

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{P \cdot x}{0,13B^3} \cdot s \le [\sigma] \quad (3.6)$$

Звідси

$$B \ge \sqrt[3]{\frac{2P \cdot x}{0,13\sigma}} \quad (3.7)$$

Розрахуємо сторону квадрата перерізу труби:

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

$$B \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 5000 \cdot 1000}{0{,}13 \cdot 320}} \geq 49 \text{ мм}$$

Згідно з ГОСТ 8639-82 «Труби сталеві квадратні. Сортамент» з урахуванням конструкційних особливостей стріли (отвори та кріплення вух штока гідроциліндра) попередньо приймаємо профіль стріли крана – труба 70×70×5 а подовжувача – труба 60×60×5.

3.2. Аналіз міцності стріли крана в *SOLIDWORKS SIMULATION*

Виконаємо уточнений аналіз міцності стріли крана поворотного в САПР *SOLIDWORKS* з використанням модуля *SOLIDWORKS SIMULATION*.

Загальний вигляд стріли телескопічної крана поворотного показано на рис. 3.2.

Рис. 3.2. Загальний вигляд стріли (розрахункова модель)

Матеріал стріли – сталь 30 ($\sigma_т$ = 320МПа).

Профіль стріли – труба 70×70×5, подовжувача стріли – труба 60×60×5.

В міцнісному аналізі враховано контакти між компонентами складанної одиниці стріли [11, 13, 15, 17, 19].

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

З використанням параметра «фіксована геометрія» накладено обмеження у місці кріплення кронштейнів стійки та кронштейнів штока гідроциліндра.

Зусилля прикладено до отвору у подовжувачі стріли в місці кріплення гакової підвіски.

Сіткову модель для двох варіантів вильоту стріли задано з використанням параметра «стандартна сітка на основі кривизни».

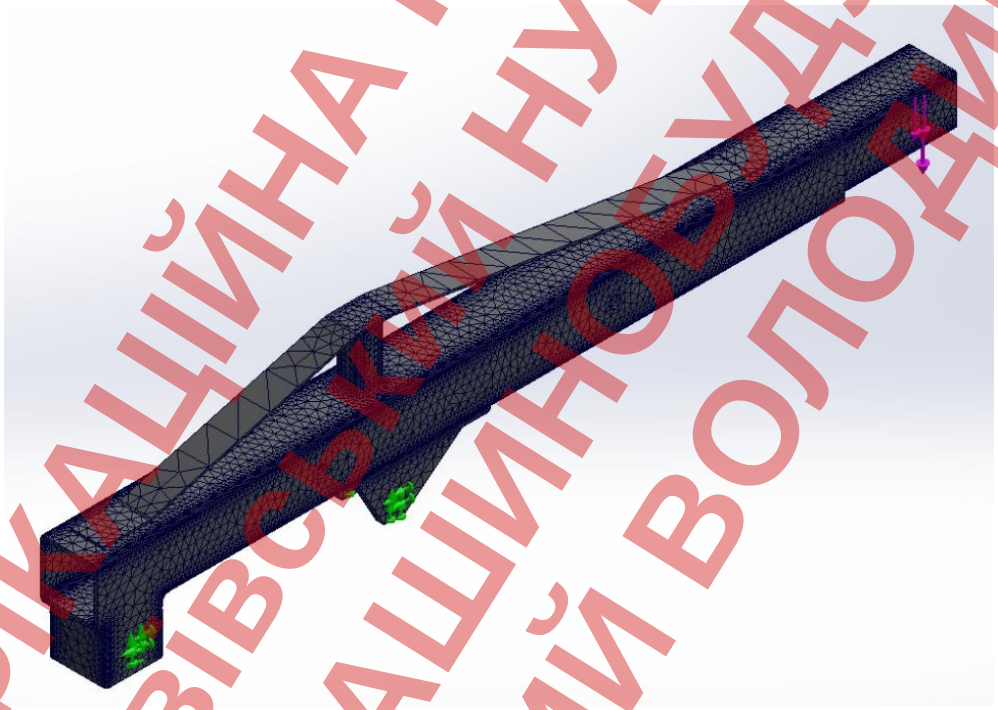

Рис. 3.3. Сіткова модель стріли

Під час розрахунків застосовано два варіанти вильоту подовжувача стріли за різних значень навантажень для цих варіантів. У першому положенні стріла складена. Друге положення відповідає положенню стріли, коли задіяно подовжувач.

У положенні 1 навантаження на стрілу становить 500 кг, що відповідає зусиллю 5000 Н. Для положення 1 визначено напруження за критерієм фон Мізеса, переміщення та коефіцієнт запасу міцності, відповідні епюри наведено на рис. 3.4-3.6.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУПТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

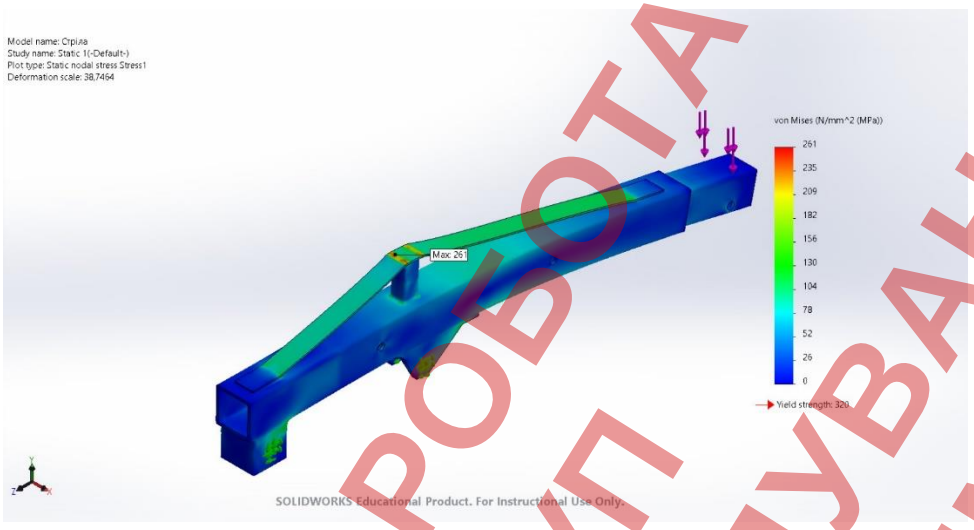

Рис. 3.4. Епюра напружень, що виникають в стрілі, визначені для положення 1 (P = 5000 Н)

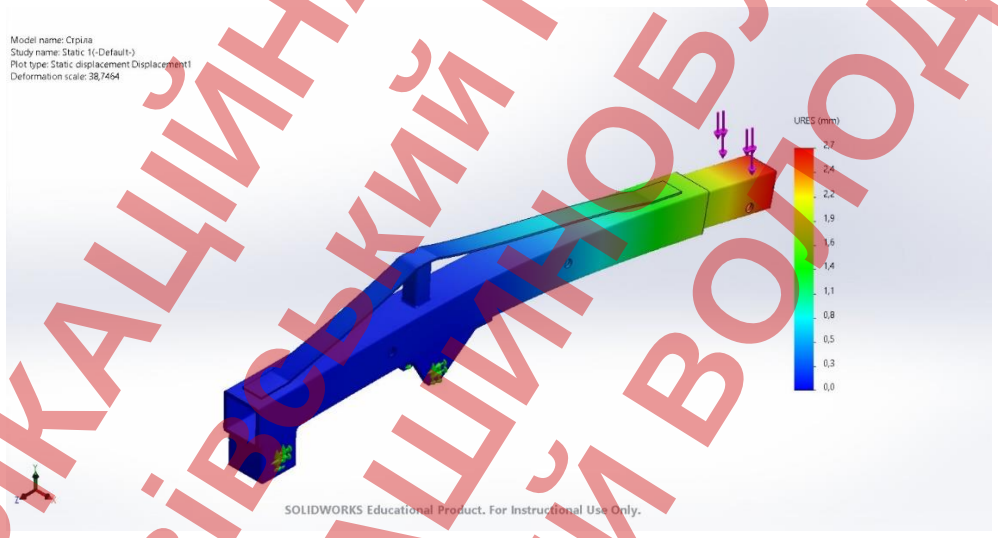

Рис. 3.5. Епюра переміщень стріли, визначені для положення 1 (P = 5000 Н)

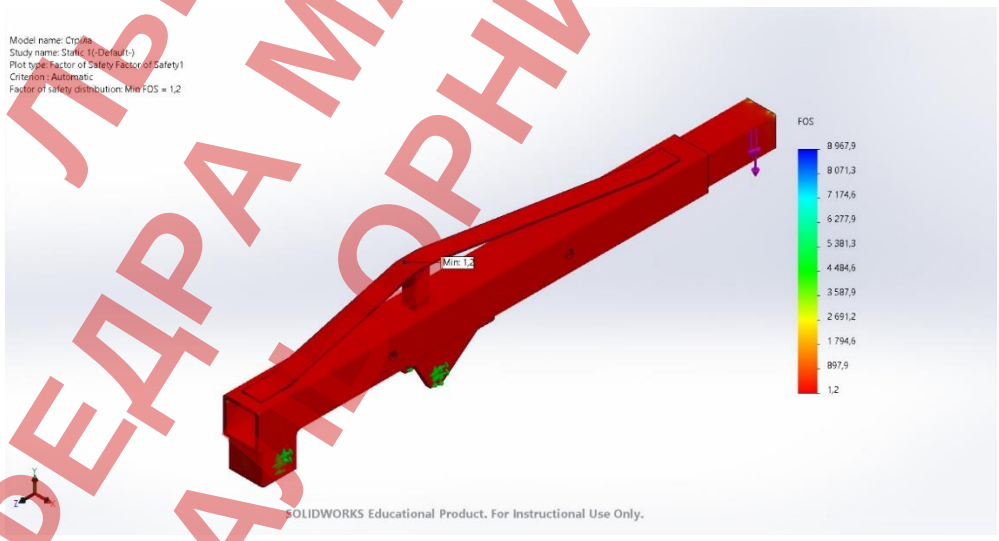

Рис. 3.6. Епюра коефіцієнта запасу міцності стріли, визначеного для положення 1 (P = 5000 Н)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

Аналогічний аналіз міцності виконано для положення 2, при якому стріла має максимальний виліт за рахунок задіяного подовжувача стріли, а навантаження становить 220 кг, що відповідає 2200 Н.

Відповідні епюри напружень, переміщень та коефіцієнта запасу міцності показано на рис. 3.7-3.9.

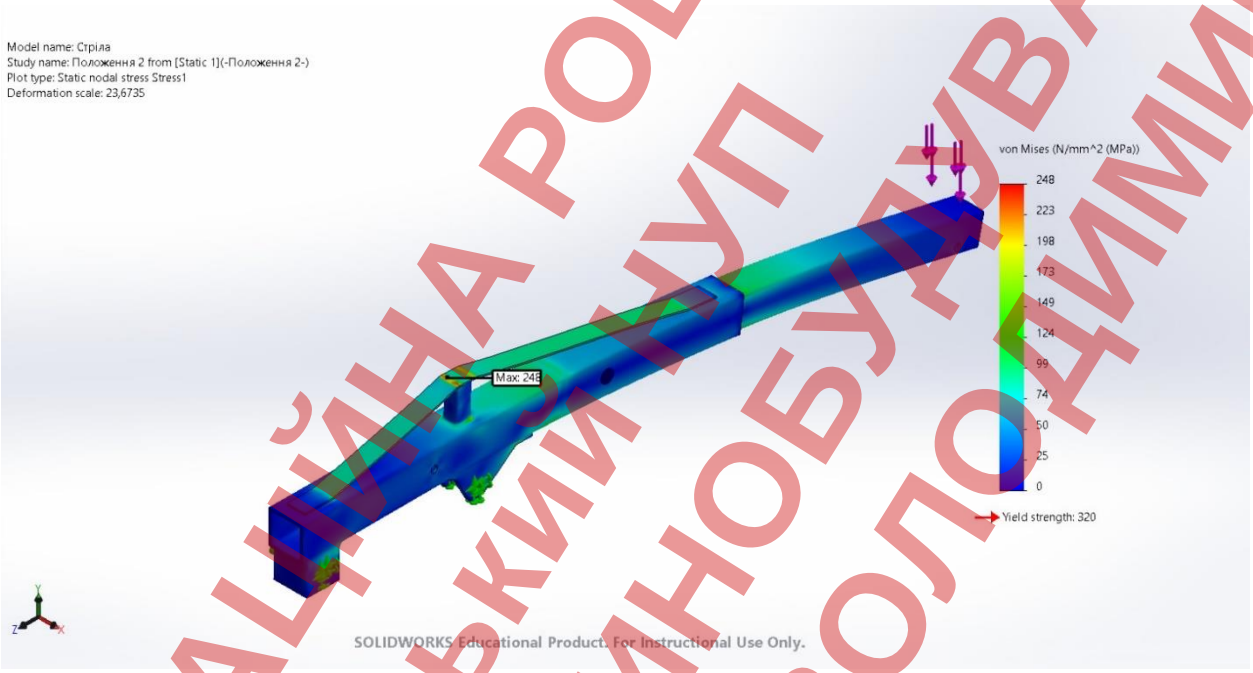

Рис. 3.7. Епюра напружень, що виникають у стрілі для положення 2 (P = 2200 Н)

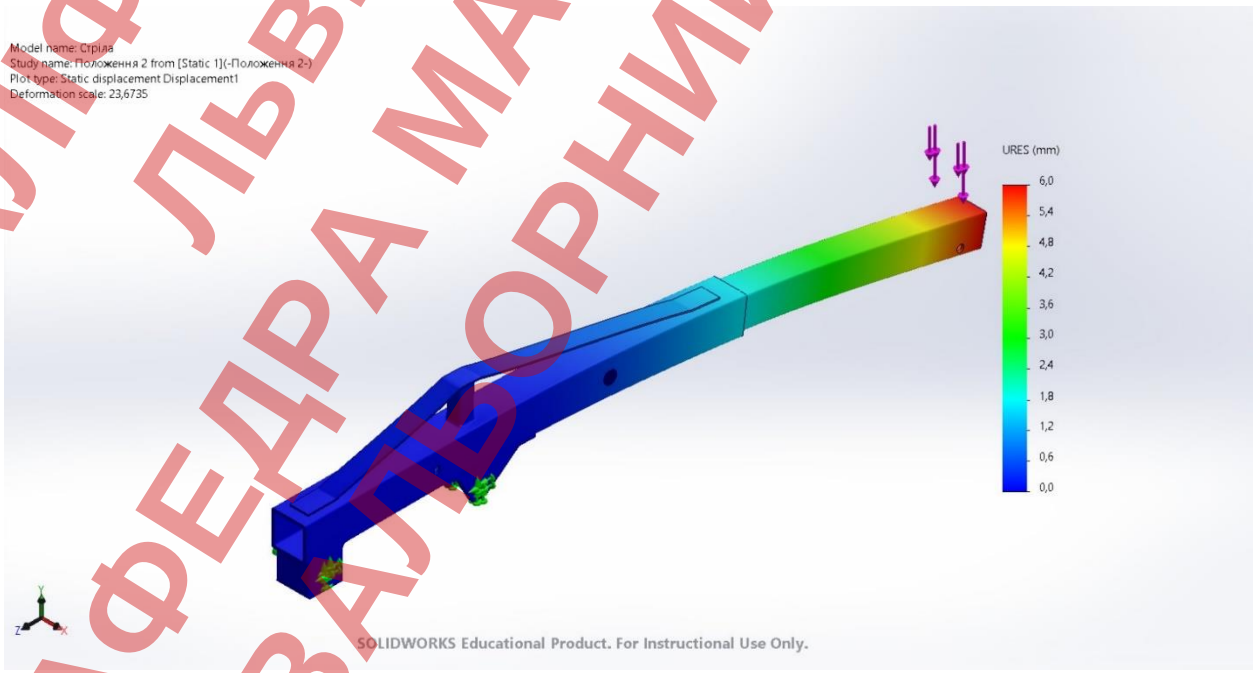

Рис. 3.8. Епюра переміщень стріли для положення 2 (P = 2200 Н)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
Львівський НУП
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

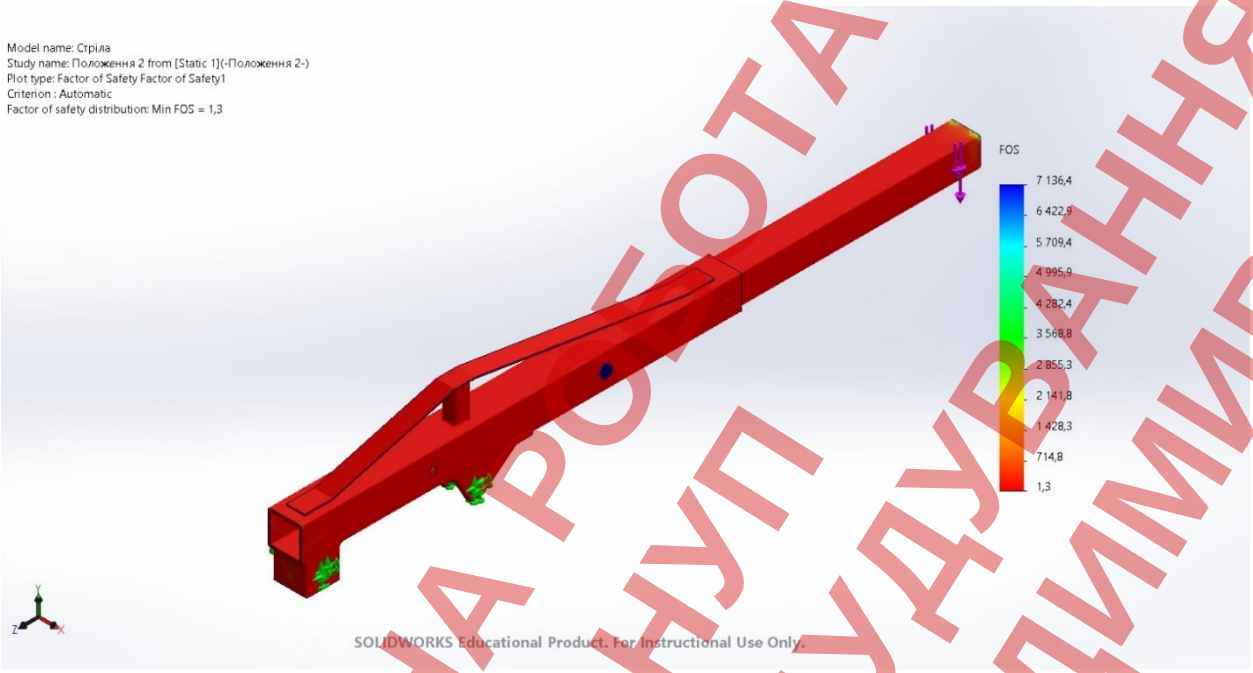

Рис. 3.9. Епюра коефіцієнта запасу міцності для положення 4 (P = 2200 Н)

Результати аналізу міцності стріли наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Зведені результати аналізу міцності стріли гідравлічного поворотного крана

Положення стріли	Навантаження, Н	Напруження, МПа	Переміщення, мм	Коефіцієнт запасу міцності
1	5000	261	2,7	1,2
2	2200	248	6	1,3

Як видно із результатів дослідження (табл. 3.1) у середовищі САПР *SOLIDWORKS SIMULATION*, для різних значень навантажень і двох варіантів вильоту стріли умови міцності дотримуються. Результати комп'ютерного моделювання від результатів аналітичного розрахунку відрізняються незначно. Різниця в результатах зумовлена урахуванням особливостей конструкції гідравлічного поворотного крана під час комп'ютерного аналізу, а тому й отриманням більш точних результатів. В загальному результати моделювання в *SOLIDWORKS SIMULATION* підтвердили результати, що були одержані аналітичним шляхом і доказують достатню надійність конструкції .

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА "ЛЬВІВСЬКИЙ НУП"
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ

4.1. Заходи з техніки безпеки під час виготовлення крана

Основні роботи під час виготовлення крана гідравлічного поворотного – це зварювальні роботи.

Значними впливами на людей під час зварювання є хімічна, фізична та психологічна дія. Хімічна дія виникає внаслідок утворення шкідливих речовин у повітрі під час зварювання. Основною шкідливою речовиною є, так званий, зварювальний аерозоль, який призводить до бронхо-легеневих захворювань. Вже через п’ять років після працювання, без дотримання правил особистої безпеки, в організмі повністю розвивається пневмоконіоз. Також існує інформація, що зварювальний аерозоль може підвищити ризик розвитку раку. Іншим проявом хімічної дії під час зварювання, є марганцева інтоксикація (отруєння) організму, яка може проявитися у вигляді ураження центральної нервової системи. Також хімічний вплив може проявитися у вигляді набряку легенів (отруєння монооксидом вуглецю), розвитку бронхопневмонії (вплив газоподібних та твердих сполучень фтору).

Отже, хімічна дія може сильно впливати на здоров’я людини, якщо не дотримуватися основних правил, а одним з основних правил для запобігання виникненню хвороб під час зварювання є одягання респіратора, який захистить органи дихання від потрапляння небезпечних речовин всередину організму. У якості адсорбенту респіратора можуть виступати різні матеріали з високою питомою поверхнею, найбільш поширений - пористий вуглець, або просто активоване вугілля. Також необхідно забезпечити щільне прилягання маски до обличчя, щоб запобігти проникнення шкідливих речовин через отвори.

Другим, не менш небезпечним, видом впливу на здоров’я організму зварника є фізична дія. Під час зварювання металів, окрім зварювання під флюсом, утворюються видиме випромінювання, ультрафіолетові промені та бризки розплавленого металу. Зокрема, всі ці процеси супроводжуються

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
ВАЛЬЯРНИЙ МАШИНОБУДУВАННЯ
ВОЛОДИМИР

інфрачервоним випромінюванням. Видимі світлові промені засвічують очі, бо яскравість цих променів перевищує природну у десять тисяч разів. Навіть якщо подивитися на них протягом досить короткого часу, то все одно є ризик викликати хворобу під назвою електрофтальмія. Основні ознаки хвороби, які проявляються через декілька годин після прямого контакту очей з променями, є спазми повік, різь в очах, а також почервоніння слизової оболонки повіки. Ультрафіолетове випромінювання, зокрема впливає й на будь-які відкриті ділянки шкіри, що призводить до опіків. Для захисту від уражень променями необхідно вдягати спеціальну маску яка відповідає створеним стандартам засобів індивідуального захисту очей та лиця при зварюванні (ГОСТ 12.4.238 – 2007). Цей стандарт включає в себе більш ніж пів-сотні вимог до захисного обладнання, яке забезпечить майже повний захист робітника під час зварювання. Зокрема, цей стандарт передбачає створення масок які б захистили обличчя від опіків внаслідок контакту з ультрафіолетовим випромінюванням. Також, не слід забувати про спеціальний одяг, який захистить інші відкриті ділянки шкіри від уражень.

Іншим видом впливу на здоров’я людини, під час зварювальних робіт, є психофізіологічна дія. Цей фактор небезпеки полягає в тому, що під час зварювання на робітника можуть вливати нервово-психічні та фізичні перевантаження. Через статичне перенапруження, яке включає умови праці та її тривалість, підвищується ризик утворення нервовом’язового захворювання апарата плечового поясу. Також через складність роботи, загальну виснаженість, перенапруження очей, внаслідок спостерігання статичної робочої області, вкупі з нервово-психічним перевантаженням, можуть викликати нервово-емоційне перенапруження. Це перенапруження може призвести до втоми, порушення функції скорочення м’язів очей (як наслідок – тимчасове або постійне порушення зору), а також пошкодити серцево-судинну та центрально-нервову систему. Для полегшення впливу психофізіологічної дії на зварника, необхідно дотримуватися правил щодо графіку роботи та загального стану робочої ділянки. Зокрема, необхідно роботи перерви між

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

зварюваннями, як тільки відчувається загальна втома, пониження якості зору. В перервах необхідно вийти з приміщення, якщо робота відбувається в замкнутому просторі, подихати свіжим повітрям, поспілкуватися, тобто загалом змінити обстановку. Ці дії допоможуть оновити фізичний стан та допоможуть розслабитися очам від постійного спостереження статичної картинки області зварювання. Також, існують окремі загальні рекомендації щодо безпеки людини під час зварювальних робіт. Зокрема, необхідно використовувати сучасне обладнання, яке відповідає вимогам стандартів якості, та сучасні матеріали, які можуть зменшити викиди шкідливих речовин у повітря навколо робочої області.

Отже, робота під час зварювання включає в себе небезпеки з боку трьох основних чинників: хімічна дія – вплив утворюваних газів в процесі зварювання, від якої можна захиститися за допомогою спеціальних респіраторів; фізична дія – вплив різних випромінювань, зокрема інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання, від яких можна захиститися за допомогою маски, яка відповідає стандартам ГОСТ 12.4.238 – 2007; психофізіологічна дія – вплив перенавантаження на роботі внаслідок довгого неперервного зварювання, який можна уникнути якщо дотримуватися графіку роботи та робити перерви виходячи на свіже повітря і давши відпочити очам, які довго спостерігали статичну робочу область.

4.2. Заходи з техніки безпеки під час роботи з краном

Контроль за технічним станом та правильною експлуатацією крана гідравлічного поворотного здійснюється призначеним наказом на підприємстві інженерно-технічним працівником відповідальним за нагляд утримання та безпечну експлуатацію спеціального підйомного обладнання, який зобов’язаний:

а) здійснювати нагляд за технічним станом та безпечною експлуатацією крана;

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
Львівський НУП
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР

б) забезпечити наявність та правильність ведення технічної документації на кран;

в) дотримуватись порядку призначення осіб відповідальних за експлуатацію крана;

г) організувати та провести первинний огляд крана і не рідше ніж раз на шість місяців проводити періодичний огляд крана.

Кран повинен бути закріплений за особою відповідальною за його експлуатацію, призначення якого провадиться за погодженням з інженерно-технічним працівником, відповідальним за наглядом. До роботи з краном допускаються лише особи, які вивчили технічний опис пройшли інструктаж з техніки безпеки та ознайомлені з обов'язками його роботи та експлуатації. До початку експлуатації нового крана користувач зобов'язаний провести повний огляд крана відповідно до вимог технічного опису. Надалі кран, який перебуває в роботі, повинен проходити повний технічний огляд кожні 6 місяців. Забороняється експлуатувати кран у випадку видимого пошкодження гідроциліндрів або гідроапаратури.

Щомісяця проводити перевірку та підтяжку всіх різьбових з'єднань. Заборонено перевантажувати кран, це може призвести до його поломки. Кран необхідно встановити на тверду поверхню, здатну витримати навантаження. В іншому випадку, кран може втратити стійкість і перекинути вантаж. Стріла та вантаж повинні займати низьке положення перед переміщенням вантажу.

Переміщати вантаж необхідно плавно і повільно уникати розгойдування вантажу та його перекидання. Причиною низької вантажопідйомності може бути повітря в гідросистеми. Потрібно видалити повітря шляхом повного відкриття випускного клапана (поворотом рукоятки проти годинникової стрілки), потім у нижньому положенні стріли слід швидко натиснути кілька разів на ручку гідроциліндра. Якщо лапа зафіксована, можна відрегулювати виліт подовжувача, якщо відбувається провисання вантажу. Перед складанням лап (якщо це передбачено конструкцією) стрілу потрібно опустити вниз. Лапу

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

неможливо підняти, якщо кран навантажений. Якщо гідроциліндр оснащений запобіжним клапаном, його не можна відрегулювати.

4.3. Обслуговування крана гідравлічного поворотного

При доливанні або заміні оливи необхідно використовувати оливу для домкратів відповідного класу. Не можна змішувати оливи різних класів та типів, заборонено використовувати гальмівну рідину, спирт, гліцерин, розчинник, моторну оливу або відпрацьовану оливу. Інакше це може призвести до серйозних поломок гідроциліндра.

Під час заправки оливи слід уникати попадання бруду та сторонніх речовин у систему. Необхідно перевіряти гідроциліндр та плунжер кожні три місяці на предмет наявності слідів корозії. За необхідності протерти тканиною, змоченою в оливі. За наявності поломки обслуговування повинно виконуватись кваліфікованим спеціалістом.

4.4. Загальні поняття про негативні наслідки для довкілля під час виготовлення крана гідравлічного поворотного

Під час виготовлення крана гідравлічного поворотного значний об’єм робіт займають зварювальні роботи елементів конструкції крана.

Сучасне виробництво передбачає використання найрізноманітніших технологічних прийомів, пов’язаних з обробкою різних матеріалів, монтажем і збіркою виробів. У процесі виробництва з’являються негативні фактори, які можуть впливати безпосередньо на людину, що здійснює виробничий процес (наприклад, електричний потік, світлові спалахи), так і в навколишньому середовищі (наприклад, шуми, пил, забруднення повітря хімічно активними речовинами). У загальному випадку у виробничому процесі можуть виникнути небезпечні фізичні, хімічні, психофізіологічні, біологічні та виробничі фактори.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА ЛЬВІВСЬКИЙ НУТ
ВАЛЬЦОРНИЙ МАШИНОБУДУВАННЯ
ВОЛОДИМИР

У технологіях сучасного виробництва використовуються процеси негативного впливу на навколишнє середовище, такі як механічні, термічні та гальванічні обробки, різання, зварювання, пайки та фарбування.

При вирішенні проблеми екологізації виробництва в даний час застосовуються пасивні методи захисту, сенс яких зводиться до обмеження кількості забруднюючих навколишнє середовище викидів, це вловлювання пилегазовиділених, викинутих в атмосферу, очищення стічних вод від домішок.

Сучасний стан біосфери характеризується тим, що діяльність людини стає все більш невідповідною природним силам природи. Так, накопичення в атмосфері вуглекислого газу в результаті спалювання палива йде більш інтенсивно, ніж його поглинання рослинністю і водами океанів і морів. Об'єм атмосферного кисню зменшується такими темпами, що в середині наступного століття може виникнути низка небезпечних проблем. Антропогенне забруднення атмосфери було наближено до кількості пилу і золи, виверженних вулканів, а антропогенне забруднення морської нафти збільшило її обсяг через природний розлом і тріщину на земній поверхні.

Захист навколишнього середовища перш за все пов'язаний із всестороннім вивченням біосфери та її еволюції, з розробкою методології біологічного та екологічного прогнозування.

Найбільш небезпечним видом непередбаченого впливу на природне середовище є її забруднення. Метеорологічні і гідрологічні процеси переносять, поширюють і розсіюють промислові забруднювальні речовини.

4.5. Види зварювальних відходів

Відходи зварювання, як і відходи будь-якої іншої галузі, мають свої особливості і правила з відновлення / рециклінгу (утилізації / переробки) або видалення. Розрізняють два основних види відходів зварювання – зварювальний шлак і недогарки електродів.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА ЛЬВІВСЬКИЙ НУГП
ВАЛЬЦОРНИЙ МАШИНОБУДУВАННЯ
ВОЛОДИМИР

Клієнтами з відновлення/рециклінгу (утилізації/переробки) або видалення відходів зварювання є компанії, підприємства, установи та організації, які використовують у своїй діяльності (мають на балансі) вироби для зварювання.

Основною вимогою до паковання відходів зварювання з метою їх перевезення та тимчасового зберігання до моменту відновлення або видалення є запобігання їх потраплянню в навколишнє середовище.

4.6. Утилізація зварювального шлаку

Сам по собі шлак являє собою побічний продукт при використанні дугового зварювання, зварювання під флюсом, або порошкового дугового зварювання. Після охолодження він підлягає видаленню, але якщо ж вийшло так, що він контактує з металом деталі, то це вважається істотним дефектом і даний шов підлягає виправленню.

Шлакові утворення виникають в тих випадках, коли невеликий обсяг металу занадто швидко твердне, що не дозволяє шлаку покинути межі самої зварювальної ванни.

Склад шлаку одержуваного при виконанні зварювальних робіт буде залежати від складу покриття електрода або ж від зварювального флюсу. Найчастіше до складу відходу входять такі компоненти: діоксид кремнію, оксид марганцю, оксид титану, оксид заліза і оксид кальцію. Сам зварювальний шлак відноситься до четвертого класу небезпеки відходів.

Основний спосіб переробки зварювального шлаку – грохочення з подальшою магнітною сепарацією металевих елементів. Звільнений від металевих домішок шлак придатний для подальшого промислового застосування.

Також в окремих випадках відновлення (утилізація) зварювального шлаку може здійснюватися шляхом переплавки.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

4.7. Утилізація зварювальних електродів

Під час зварювання основним витратним матеріалом є електрод. У промисловому масштабі їх використовується величезна маса, яка обчислюється не штуками, а десятками, а то і сотнями кілограмів витрат. Незалежно від довжини цього виробу, від кожного з них залишається невеликий недогарок, який не може бути використовуваний у подальшому.

Відновлення/рециклінг (утилізація/переробка) зварювальних електродів полягає в їх переплавці, але для цього спочатку потрібно відсортувати недогарки за складом домішок або металу. Це дозволить після переплавки відразу отримати сталь леговану потрібного хімічного складу. Найчастіше така сталь повторно йде на виробництво таких же зварювальних електродів. Це дуже зручно, так як не залишається відходів.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Складемо кошторис матеріальних витрат на виготовлення конструкції.

Перелік та вартість комплектуючих матеріалів $С_к$ наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Вартість комплектуючих виробів

Назва елемента	Ціна, грн	Кількість, шт	Всього, грн
Гідронасос	2500	1	2500
Гак	250	1	250
Ланцюг	180	1	180
Болт HBOLT 0.5000-13×1.5×1.5-S	3,87	6	23,22
Гайка HNUT 0.5000-13-D-S	17,43	6	104,58
Шайба FW 0.5	3	6	18
Болт HBOLT 0.6250-11×3×1.5-S	4,62	3	13,86
Гайка 0.6250-11-D-S	7,40	3	22,2
Шайба FW 0.625	4,56	3	13,68
Всього:			3125,54

Таким чином, сумарна вартість комплектуючих виробів для виготовлення крана становить 3125,54 грн.

Вартість основних матеріалів $С_{осн}$ наведено в таблиці 5.2.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
ВАЛЬЙОРНИЙ МАШИНОБУДУВАННЯ
ВОЛОДИМИР

Таблиця 5.2.

Вартість основних матеріалів

Назва	Ціна, грн	Кількість, м	Всього, грн
Профільна труба 70×70×5	310	2,2	682
Профільна труба 60×60×5	550	1	550
Смуга	66	2	132
Інші матеріали	1500	-	1000
Всього:			2364

Вартість основних матеріалів становить 2364 грн.

Повна вартість матеріалів $С_п$, необхідних для виготовлення крана підкатного гідравлічного становить:

$$С_п = С_к + С_{осн} = 3125,54 + 2364 = 5489,54 \text{ грн.}$$

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
Львівський НУП
ВАЛЬЙОРНИЙ ВОЛОДИМИР

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано конструкції підйомного обладнання, що використовується у складських приміщеннях, виробничих цехах, дільницях технічного обслуговування транспортних засобів.

Запропоновано конструкцію крана гідравлічного поворотного для використання в умовах станцій технічного обслуговування, виробничих цехів та дільниць. В конструкції передбачено можливість ступінчатого регулювання довжини телескопічної стріли за допомогою подовжувача, що дозволяє працювати з вантажами різних габаритів і маси та за різних умов доступності до них, що підвищує універсальність крана за умови роботи з вантажами, маса яких не перевищує 500 кг. Конструкцію крана розроблено з урахуванням можливості встановлення його на платформу вантажного автомобіля, або пікапа. В такому випадку кран поворотний працюватиме в якості крана-маніпулятора для роботи з вантажами незначних габаритних розмірів і маси.

В роботі проведено аналітичний розрахунок елементів конструкції, а також здійснено міцнісний аналіз конструкції в середовищі *SolidWorks Simulation*. Так, за результатами міцнісного аналізу встановлено значення напружень, які виникають у конструкції крана, переміщень та коефіцієнта запасу міцності. Для положення 1 крана при навантаженні 500 кг, при якому стріла працює у складеному положенні, коефіцієнт запасу міцності становить 1,2. За умови використання подовжувача при навантаженні 220 кг коефіцієнт запасу міцності – 1,3, що забезпечує необхідний рівень міцності конструкції та безпеки під час експлуатації крана.

Розроблено заходи з техніки безпеки та охорони праці під час виготовлення крана та під час роботи з ним. Запропоновано перелік заходів з обслуговування крана для підтримання його безпечної експлуатації.

В роботі передбачено заходи з охорони довкілля під час виготовлення крана гідравлічного поворотного.

Здійснено економічний розрахунок, який полягав у визначенні витрат на закупівлю матеріалів та комплектуючих виробів, необхідних для

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУЛТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

виготовлення крана. Так, повна вартість матеріалів становить 5489,54 грн, що є цілком прийнятною з урахуванням стану на ринку підйомного обладнання та підвищення ефективності технологічних процесів з використанням такого крана на виробництві.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬОРНИЙ ВОЛОДИМИР

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. 368 с.
2. Булей І. А. Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. – К.: Вища школа, 1993. 288с.
3. Бутко Д. А., Лущенков В. Л., Лехман С. Д. Практикум з охорони праці. – К.: Урожай, 1995. 144 с.
4. Ванін В. В., Бліок А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації : Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. – К.: Каравела, 2012. 200с.
5. Гряник Г. М., Лехман С. Д. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. 272 с.
6. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. – Львів. : Афіша, 2001. 236 с.
7. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
8. ДСТУ ISO 128-1:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 1. Передмова та покажчик понять стандартів ISO серії 128.
9. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT).
10. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT).
11. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. – Львів. : Афіша, 2000. 350 с.
13. Зворикін К. О., Гаєвський В. О. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 114 с

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КАФЕДРА ЛЬВІВСЬКИЙ НУП
ВАЛЬЦОРНИЙ МАШИНОБУДУВАННЯ
ВОЛОДИМИР

14. Лехман С. Д., Врубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травмаризму у сільському господарстві. – Київ. : Урожай, 1993. 270 с.
15. Літовченко П. І. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / П. І. Літовченко, Л. П. Іванова. – Х. : НА НГУ, 2016. – 306 с. : іл.
16. Малащенко В. О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування. – Львів : Новий світ-2000, 2006. 252 с.
17. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин – Львів: Афіша, 2003. 560 с.
18. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
19. Стукалець І. Г. Основи інженерного аналізу технічних об’єктів. Курс лекцій для студентів інженерних спеціальностей. Львів : ЛНУП, 2022. 109 с.
20. Стукалець І. Г., Швець О. П. Методичні рекомендації до оформлення графічної частини кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» для студентів факультету механіки та енергетики за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Львів : ЛНАУ, 2021. 62 с.
21. Стукалець І. Г., Березовецький С. А., Баранович С. М. «Оформлення робочих креслеників складальних одиниць». Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни інженерна та комп’ютерна графіка. Львів : ЛНАУ – 2017 р. 29 с.
22. Устюгов І. І. Деталі машин. – К.: Вища школа, 1984. 400 с.
23. Швець О. П., Стукалець І. Г. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Львів : ЛНУП, 2023. 56 с.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЛЬВІВСЬКИЙ НУПТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ
ВАЛЬЧОРНИЙ ВОЛОДИМИР